

Die Abhängigkeit der Sehschärfe
vom Leuchtdichteunterschied bei
Trübungen der brechenden Medien
des Auges

vorgelegt von

Dietlind Weiß

aus Erlangen

Aus der Universitäts-Augenklinik Erlangen

Direktor: Prof. Dr. Eugen Schreck

Die Abhängigkeit der Sehschärfe
vom Leuchtdichteunterschied
bei Trübungen der brechenden Medien des Auges

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Dietlind Weiß
aus Erlangen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. med. Wolf-Dieter Keidel
Referent: Prof. Dr. med. Robert Siebeck
Korreferent: Prof. Dr. med. Eugen Schreck

Tag der mündlichen Prüfung: 6. April 1965

Für die Förderung dieser Arbeit durch Hinweise bei den Versuchen und Beratung über Gestalt und Fassung der Arbeit danke ich Herrn Prof.Dr.med.R.Siebeck sehr herzlich. Auch für die gute Arbeitsmöglichkeit an der Universitäts-Augenklinik Erlangen, die mir durch das Entgegenkommen von Herrn Prof.Dr.med.E.Schreck ermöglicht wurde, möchte ich mich bedanken.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	
Der Begriff der Sehschärfe	1
Verhältnisse bei Trübungen der brechenden Medien	2
Der physiologische Kontrast	3
Die absolute Schwellenempfindlichkeit	4
Eigene Untersuchungen	
Versuchsanordnung	7
Berechnung des Leuchtdichteunterschiedes	8
Gang der Untersuchung	10
Ergebnisse	19
Diskussion	26
Zusammenfassung	27
Literaturverzeichnis	29

E i n l e i t u n g

Die praktisch verwertbare Sehschärfe des menschlichen Auges entspricht nicht immer den Ergebnissen der klinischen Prüfung.

Insbesondere bei mäßigen Trübungen der brechenden Medien z. B. beginnender Katarakt, klagen die Patienten häufig über beträchtliche Sehverschlechterung, obwohl bei der Sehschärfeprüfung nur geringfügig herabgesetzte Werte ermittelt werden.

Die Sehschärfe ist eine Größe, die in der physikalischen Optik dem angulären Auflösungsvermögen entspricht.

Primär wird sie durch das minimum separabile (oder einfache Trennschärfe), d.h. den kleinsten Sehwinkel definiert, unter dem 2 getrennte Punkte erscheinen müssen, damit sie als getrennt wahrgenommen werden können. Sie ist durch den anatomischen Bau, das Raster der Sinneszellen auf der Netzhaut, gegeben: Zwei Punkte werden dann getrennt wahrgenommen, wenn ihrer Bilder um mehr als Zapfenbreite auseinanderfallen, wenn ein merklich weniger erregter Zapfen zwischen zwei stärker erregten steht. Eine andere Leistungsgrenze für das minimum separabile stellt die Pupillenweite dar, weil die physikalische Grenze des Auflösungsvermögens durch das Verhältnis Blendendurchmesser zu Wellenlänge gegeben ist. Bemerkenswerterweise führen diese beiden Grenzen zu dem gleichen Wert des Auflösungsvermögens von etwa 1'. Die einfache Trennschärfe ist nach SCHÖBER eine der vier zwar theoretisch, aber nicht praktisch auseinanderzuhaltenden Eigenschaften des Gesichtssinnes, die unter dem Sammelbegriff der Sehschärfe verstanden werden. Es gehören weiter dazu: die Formenempfindlichkeit, das Lesevermögen und die bei der Versetzung paralleler Linien maßgebliche Noniussehschärfe, die 3 - 10 mal größer als die einfache Trennschärfe oder Formenempfindlichkeit und für das Ablesen von Maßstäben bedeutsam ist. Bei keiner der im klinischen Gebrauch üblichen Sehschärfebestimmungen wird nur eine

dieser Eigenschaften bestimmt. Es sind vor allem die einfache Trennschärfe und die Formenempfindlichkeit, die hier angesprochen werden. Je komplizierter ein Sehzeichen ist, umso mehr wird die Formenempfindlichkeit angesprochen.

Weil keines der verschiedenen Sehzeichen (wie Landolt-ringe, Snellensche Haken, einfache Kreise, Zahlen usw.) nur das minimum separabile anspricht, kann die Sehschärfe durch den reziproken Wert des Gesichtswinkels, unter dem der charakteristische Teil des Prüfzeichens zu sehen ist, nur annähernd richtig erfaßt werden. Die klinisch üblichen Sehproben sind so konstruiert, daß sie von der Mehrzahl augengesunder Personen in einer bestimmten Entfernung, der Sollentfernung, gerade noch erkannt werden. Die Sehschärfe wird dann durch den Quotienten $\frac{\text{Istentfernung}}{\text{Sollentfernung}}$ erfaßt, wobei die Istentfernung tatsächlich erkannt werden. Man kann daher sagen, die Sehschärfe ist eine durch Übereinkunft festgesetzte Größe.

Wenn im obenerwähnten Fall beginnender Medientrübungen trotz subjektiver Sehverschlechterung die Sehschärfeprüfung normale Werte ergibt, so fällt dem Untersucher doch häufig die Tatsache auf, daß die Sehschärfeprüfung mehr Zeit benötigt, um den einzelnen Buchstaben zu erkennen. Damit ein Objekt für das Auge erkennbar wird, "muß es eine gewisse Winkelgröße überschreiten, es muß sich durch einen bestimmten Kontrast von seiner Umgebung abheben, die Umgebung muß eine gewisse Helligkeit haben, und für die Wahrnehmung muß eine bestimmte Zeit zur Verfügung stehen." (SIEDENTOPF)

Ein vermehrter Zeitaufwand für das Erkennen der gleichen Sehprobe bedeutet aber nicht nur für den Patienten eine subjektiv beträchtlich spürbare Leistungsminderung, sondern stellt darüber hinaus auch objektiv eine Minderung des "Informationsflusses", d.h. der pro Zeiteinheit verarbeiteten Informationsmenge, dar. Wenn derartige Gesichtspunkte in der physiologischen Optik verhältnismäßig

selten berücksichtigt werden, so dürfte das vor allem daran liegen, daß es für den Zeitaufwand wesentlich schwerer ist, eine verbindliche Norm festzusetzen, als für andere Funktionen der physiologischen Optik. Im Falle beginnender Medientrübungen läßt sich außerdem eine bestimmte Ursache für den vermehrten Zeitaufwand vermuten: Als erste "Funktionsbeeinträchtigung" tritt eine Verminderung der Unterschiedsempfindlichkeit auf, weil in zunehmendem Maße die durch reguläre Lichtbrechung vermittelte optische Abbildung von diffusem Streulicht überlagert wird. Die Unterschiedsempfindlichkeit stellt eine ebenso fundamentale Größe dar, wie das Auflösungsvermögen oder die Sehschärfe. Sie sagt aus, in welchem Verhältnis die Leuchtdichte zweier benachbarter Felder oder auch eines "Umfeldes" und eines "Infeldes" oder einer Figur auf dem Grund stehen muß, damit die beiden Felder überhaupt unterschieden werden können.

Unter Kontrast versteht man dagegen nach MONJÉ eine Veränderung der Helligkeits- oder Farbenempfindung unter dem Einfluß benachbarter Gesichtsfeldstellen. Diese Kontrastempfindungen beruhen auf veränderter Netzhautempfindlichkeit, die nicht auf physikalische Ursachen zurückzuführen sind. MONJÉ bezeichnet sie als "relatives Skotom". An der Grenze zweier verschieden heller Flächen, findet eine Änderung der Empfindlichkeit statt, und zwar eine Steigerung auf der Hellseite und eine Verminderung auf der Dunkelseite. MONJÉ hält diese Empfindlichkeitsänderung für die Grundlage des physiologischen Kontrastes. Dieser wird umso größer, je geringer der gerade herrschende Leuchtdichteunterschied wird. Nach von HERING (nach Tschermak) hat der physiologische Kontrast die Bedeutung eines Faktors, der das im Auge diffus zerstreute Licht, sowie das in geringerem Grade von den regelmäßigen Bahnen "aberrierende" Licht, mehr oder weniger "unschädlich" macht. Dem physiologischen Kontrast kommt so eine große Bedeutung zu, weil er das Konturensehen verbessert und damit auch die Sehschärfe. Die Kontrastempfindlichkeit

wird aber bei der klinischen Sehschärfenprüfung, ebenso wie die Helligkeit, nicht quantitativ berücksichtigt. Daß die Sehschärfe von der Beleuchtungsstärke in weitem Maße unabhängig ist, ist allgemein bekannt. POSCH fand 1876, daß sich die Sehschärfe mit dem log der Beleuchtung ändert. KÖNIG und andere Autoren stellten fest, daß die Sehschärfe für Objekte auf dunklem Grund von deren Helligkeit und für Objekte auf beleuchtetem Umfeld von dem Helligkeitsunterschied abhängt. Die Leuchtdichte des Umfelds bestimmt dabei den Adaptationszustand. Dabei wird nach MONJÉ und SCHÖBER unter Kontrast nicht nur der einfache Leuchtdichteunterschied zwischen den Zeichen und ihrer Umgebung, sondern das aktive Zusammenspiel von Infeld und Umfeld verstanden. Die Leuchtdichte des Umfeldes bestimmt dabei den Adaptationszustand der Netzhaut. FOXELL und STEVENS stellten fest, daß bereits ein Umfeld von 6° Durchmesser genügt. Nach TRENDLENBURG sind 3 Fakten dafür verantwortlich, was von den Randteilen einer Lichtfläche empfunden wird:

- 1) Die Schwellenempfindlichkeit
- 2) Die herrschende Unterschiedsempfindlichkeit, die von der herrschenden Leuchtdichte abhängt.
- 3) Der subjektive Kontrast.

Die absolute Schwellenempfindlichkeit des Auges, d.h. die Fähigkeit einen Lichtreiz überhaupt wahrzunehmen, hängt nach SCHÖBER unter anderem auch von der Flächengröße der zu empfindenden Stelle und deren Lage im Gesichtsfeld ab. Bei Helladaptation und rein fovealem Sehen sinkt nach RICCÓ die Leuchtdichteschwelle um ebensoviel, wie die Flächengröße zunimmt, d.h. das Produkt $L \times F_l$ ist konstant. Diese Beziehung gilt nur für Sehwinkel von $0,1 - 10'$. Für Sehwinkel von $7'$ bis 1° gilt nach PIERON $L \cdot \sqrt[3]{F_l} =$ konstant. In der Netzhautperipherie ist bei Helladaptation die Leuchtdichteschwelle von der Feldgröße unabhängig. Bei Dunkeladaptation gilt foveal und parafoveal der RICCÓsche Satz, extrafoveal sinkt nach PIPER und LÖSER die Leuchtdichteschwelle L mit zunehmender Flächengröße so,

daß das Produkt $L \cdot \sqrt{F_l}$ konstant bleibt.

Daß eine normale Sehschärfe oft auch noch bei erheblicher Kontrastverminderung "normal" sein kann, ist ebenfalls eine bekannte Beobachtung. Die Formenschwelle, für das Erkennen typischer Einzelheiten eines Sehzeichens, die bei Sehschärfeprüfungen in der Klinik bestimmt wird, ist aber höher, als die Auftauchschwelle für einen einfachen Lichtreiz.

E. AULHORN untersuchte bei 3 gesunden Versuchspersonen, die Beziehungen zwischen Lichtunterscheidungsvermögen und Sehschärfe. Testobjekte waren ein Kreis und ein auf die Spitze gestelltes Quadrat, die einmal dunkler, einmal heller als das Umfeld waren. Dabei wurden die Reizleuchtdichten stufenweise gesteigert, zuerst bis Kreis und Quadrat überhaupt, und dann weiter, bis sie in der Form voneinander unterschieden werden konnten. E. AULHORN fand dabei, daß die Leuchtdichte, die zusätzlich notwendig ist, um ein Prüfzeichen von der Schwelle der Wahrnehmung zur Schwelle des Auflösungsvermögens zu heben, umso größer sein muß, je kleiner das Prüfzeichen ist. Dabei kann die Sehschärfe unter in der Klinik üblichen Bedingungen, durch die Netzhautstruktur bedingt, nicht über einen Wert von 1,73 steigen, während das Lichtunterscheidungsvermögen keine Begrenzung nach oben hat, wenn nur die Leuchtdichte des Objektes groß genug ist. Nach SCHOBER sind für den Unterschied zwischen einfacher Lichtunterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe psychologische Momente, Lokaladaptation und subjektiver Kontrast verantwortlich.

Die folgenden Untersuchungen sollen daher die Frage klären, nach welchen Beziehungen sich die Sehschärfe vermindert, wenn der Leuchtdichteunterschied herabgesetzt wird, und zwar einerseits bei gesunden Versuchspersonen, und andererseits bei Patienten mit Trübungen der brechenden Medien. Bei letzteren muß infolge des gleichmäßigen, über die Netzhaut verteilten Streulichts damit gerechnet werden, daß Beleuchtungsstärkenunterschiede der Bilder auf der Netzhaut geringer sind, als die

entsprechenden Leuchtdichteunterschiede auf der Sehprobe.
Diese Verminderung der Kontrastübertragungsfunktion soll
Gegenstand der folgenden Untersuchung sein.

E i g e n e U n t e r s u c h u n g e n

Versuchsanordnung

Zwei Rodavist-Sehzeichenprojektoren von den G.-Rodenstock-Werken München befinden sich im gleichen Abstand von 6 Metern zu einem matten Aluminiumschirm. Jeder Projektor erzeugt eine gleichmäßig und gleichstark beleuchtete Kreisfläche auf dem Schirm, bei der Überprüfung mit dem Luxmeter ergab sich eine optimale Beleuchtungsstärke von 170 Lux. Mit dem einen Projektor werden folgende Zahlen und Zahlengruppen auf den Schirm abgebildet:

<u>Sehzeichen</u>	<u>Visus</u>
9	0,03
4	0,05
37	0,07
26	0,1
675	0,15
976	0,2
305	0,25
3924	0,3
7568	0,4
36524	0,5
08793	0,6
2497	0,8
9362	1,0
2735	1,2

Dabei ist die 9 die größte Zahl und 2735 am kleinsten. Der zweite Rodavist projiziert während der Versuchsreihen ein Umfeld von 4^o Durchmesser mit immer gleichbleibender Beleuchtungsstärke von 170 Lux auf den Schirm. Die Versuchsperson sitzt direkt neben dem Sehzeichenprojektor, so daß sich ihre Augen in gleicher Höhe und gleichem Abstand wie die Objektive der Projektoren zum Schirm befinden. Der Raum ist abgedunkelt.

Berechnung des Leuchtdichteunterschiedes (LDU)

Zur Veränderung des LDU stehen uns folgende sieben Absorptionsfilter zur Verfügung, deren Absorption bzw. Durchlässigkeit mit dem Luxmeter überprüft wurde:

I mit	3,46 %	Durchlässigkeit des auffallenden Lichtes
II mit	4,25 %	"
III mit	8,7 %	"
IV mit	16,6 %	"
V mit	38,2 %	"
VI mit	46,5 %	"
VII mit	67 %	"

Durch Kombinationen einzelner Filter, durch Projektion ganz ohne Filter und durch Weglassen der Zusatzprojektion kann jede Versuchsperson mit 11 verschiedenen LDU-Werten geprüft werden. Durch Hintereinanderschalten der Filter mit 38,2 % und 4,26 % Durchlässigkeit erzielt man eine Durchlässigkeit von 1,59 %. Die Kombination des Filters mit 46,5 % und 4,26 % Durchlässigkeit ergibt eine Durchlässigkeit von 2 %.

1)	Zifferprojektion durch	1,59 %	Filter + Zusatzprojektion
2)	"	"	2 % Filter + "
3)	"	"	3,46 % Filter + "
4)	"	"	4,26 % Filter + "
5)	"	"	8,7 % Filter + "
6)	"	"	16,6 % Filter + "
7)	"	"	38,2 % Filter + "
8)	"	"	46,5 % Filter + "
9)	"	"	67 % Filter + "
10)	Zifferprojektion + Zusatzprojektion		
11)	Zifferprojektion		

Der Leuchtdichteunterschied wird definiert als der Quotient aus der Differenz von weißem und schwarzem Licht und dessen Summe. Mit 100 wird der Quotient multipliziert, um den höchsten LDU mit 100 % angeben zu können.

Die Formel für den Leuchtdichteunterschied lautet dann:

$$\text{LDU} = \frac{W-Z}{W+Z} \cdot 100$$

Es bedeuten hier:

Weißlicht W = Filterdurchlaß F + Zusatzprojektion Z

Schwarzlicht Z = Zusatzprojektion

Das normalerweise schon von den schwarzen Buchstaben ausgehende Licht wird in diesem Ansatz also vernachlässigt. Die Zusatzprojektion erfolgt immer zu 100 %, also Z = 100. Weißlicht W ist dann 100 zuzüglich des Lichtes, das den Filter passiert.

Für den Filter mit 1,59 % berechnet sich dann z. B. der LDU folgendermaßen:

$$\text{LDU} = \frac{101,59-100}{201,59} \cdot 100 = 0,79 \%$$

Wenn Ziffer- und Zusatzprojektion ohne Zwischenschaltung eines Filters erfolgen:

$$\text{LDU} = \frac{200-100}{300} \cdot 100 = 33 \%$$

Wenn die Zusatzprojektion wegfällt (Z=0) ergibt sich ein LDU von 100 %.

Filter	Leuchtdichteunterschied
Durchlässigkeit in %	LDU in %
1,59	0,79
2	1
3,46	1,7
4,25	2,1
8,7	4,15
16,6	7,35
38,2	16
46,5	18,8
67	25
Zifferprojektion + Zusatzprojektion	33
Zifferprojektion	100

Gang der Untersuchung:

Vor dem Zahlenprojektor befindet sich zuerst der Filter mit der geringsten Durchlässigkeit, während die Zahlenbilder, mit 9 beginnend und immer kleiner werdend, projiziert werden, bis die Versuchsperson schließlich die Zahl oder mindestens die Hälfte bzw. $\frac{2}{3}$ der Gruppen erkennt. Um das Erinnerungsvermögen einigermaßen auszuschalten, erscheint zuerst die größte Zahl, bei den geringsten Leuchtdichteunterschieden beginnend, damit ist für die Versuchsperson die erste erkennbare Zahl noch unbekannt. Jeder Versuchsperson steht soviel Zeit zur Verfügung, wie sie für eine definitive Angabe benötigt.

Die erste Untersuchungsreihe betrifft zehn Studenten im Alter von 20 - 29 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 23,6 Jahren.

Hier, wie auch bei den Patienten mit Trübungen der brechenden Medien, erfolgt die Sehschärfemessung nach voller Brillenkorrektur.

Da der Projektor nur bis zu einer Zahlengröße projiziert, die einer Sehschärfe von 1,2 entspricht, Jugendliche aber bekanntlich eine viel höhere Sehschärfe erreichen können, wird der Zahlenprojektor in eine Entfernung von 4,5 m zum Schirm gesetzt, während die Versuchsperson in einer Entfernung von 6 m zurückbleibt.

Nach der Gleichung:

$$\begin{aligned}\text{wahrer Visus} &= \frac{\text{projizierter Visus} \times \text{Beobachtungsentfernung}}{\text{Projektionsentfernung}} \\ &= \frac{1,2 \times 6 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 1,6\end{aligned}$$

kann bis zu einer Sehschärfe von 1,6 geprüft werden.

Für die Messungsreihe der Augengesunden wird nach Überprüfung beider Augen dasjenige mit der höheren Sehschärfe herangezogen, das andere bleibt mit einer Klappe abgedeckt. Dabei kommen folgende Werte zustande:

Vp. We. J., 23 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1p	0,1	0,25	0,4	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8p	0,8

Vp. Ze. 24 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	-	0,03	0,2	0,5p	0,6p	0,8p	0,8	1,0p	1,0	1,0

Vp. We.G., 24 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,07p	0,2p	0,4p	0,5	0,6p	1,0p	1,2p	1,2	1,2	1,2

Vp. Se. 20 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,15	0,5p	0,6p	1,0p	1,0p	1,2	1,4	1,4	1,4

Vp. Ti. 21 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	-	0,15	0,3	0,4p	0,6p	0,8	1,0p	1,0p	1,2p	1,2p

Vp. We.G., 26 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,15p	0,3	0,5p	0,8p	1,0p	1,0p	1,2p	1,2p	1,2p

Vp. Na. 29 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,07p	0,07p	0,3p	0,5	0,8	1,0	1,2p	1,2	1,2	1,2

Vp. Le. 22 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	-	0,03	0,4p	0,6p	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6p	1,6p

Vp. Schm. 24 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	-	0,07	0,1	0,3p	0,4p	0,5	0,6p	0,8	0,8	0,8

Vp. We.D. 23 Jhr.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,05	0,1	0,3	0,6p	1,0p	1,0p	1,2	1,2	1,2	1,2

Um die Verhältnisse bei Medientrübungen zu finden, werden 25 Patienten, die ambulant oder stationär in der Universitäts-Augenklinik Erlangen behandelt werden, geprüft. Es handelt sich hauptsächlich um ältere Leute von vollkommen verschiedener Intelligenz.

Von unseren Versuchspersonen, die zwischen 13 und 81 Jahre alt sind und ein Durchschnittsalter von 53,3 Jahren haben, leiden 5 an einer Trübung der Hornhaut, bei dreien ist gleichzeitig eine Linsentrübung vorhanden. Reine Linsentrübungen haben 17 Patienten, ein Patient hat gleichzeitig eine Glaskörpertrübung und die restlichen 4 Patienten leiden unter reinen Glaskörpertrübungen. Wenn bei einem Patienten beide Augen erkrankt sind, wird jedes Auge für sich gewertet.

Vp. Gu. 69 Jhr. cat. sen. incip.

LDU	0,79	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03p	0,07	0,1p	0,15	0,2p	0,3p	0,3p	0,3p	0,3p	0,3

Vp. Ne. 78 Jhr. Corpustrübung

LDU	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,1	0,15	0,25p	0,3p	0,4p	0,5p	0,5p	0,5

Vp. De. 49 Jhr. Blutung. i. Papillenbereich,
Glaskörperblutung

LDU	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03	0,1	0,2	0,25p	0,4p	0,5	0,5	0,5	0,6p

V . Ho. 60 Jhr. Trübung der Bowmanschen Membran

LDU	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03	0,1	0,2p	0,2p	0,3	0,4p	0,4p	0,4	0,4

Vp. Lu. 28 Jhr. Hornhauttrübung

LDU	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03	0,03	0,05	0,07	0,1p	0,1p	0,1p	0,2p

Vp. Gü. 58 Jhr. Heterochromiekatarakt

LDU	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15	0,25	0,4p	0,6p	0,6p	0,6p	0,8	1,0p

Vp. Gr. 63 Jhr. HH: Gerontoxon
Linsentrübung in allen Schichten

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15p	0,25	0,4p	0,4	0,4	0,4	0,5

Vp. St. 73 Jhr. cat. corticalis

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,07	0,15	0,2	0,2	0,25	0,3p	0,4p

Vp. Kr. 66 Jhr. Glaskörpertrübung

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,2	0,25	0,25	0,5p	0,6p	0,6p

Vp. So. 56 Jhr. scroph. HH-Narben

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,05	0,07p	0,1p	0,15	0,15	0,2p	0,2p

Vp. Wo. 48 Jhr. cat. incip.

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15	0,3	0,4	0,5p	0,5	0,6p	0,8

Vp. Re. 70 Jhr. cat. sen. incip.

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03	0,15	0,15	0,2p	0,2p	0,2p

Vp. Pö. 13 Jhr. Keratitis parenchymat.

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,2p	0,25p	0,3p	0,3p	0,3p	0,4p

Vp. Ge. 72 Jhr. cat. sen. propecta

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2p

Vp. O. 60 Jhr. HH-Narben, cat. sen. incip.

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15p	0,3p	0,3p	0,3p	0,4p	0,4

Vp. St. 53 Jhr. Linsenkerntübung

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15	0,2p	0,2	0,2	0,3p	0,4p
S	0,05	0,1p	0,1	0,15p	0,2p	0,2

Vp. Ma. 44 Jhr. cat. propecta

LDU	7,35	16	16,8	25	33	100
S	0,03	0,15	0,15	0,2p	0,25p	0,3
S	0,07	0,1p	0,15p	0,2p	0,25p	0,25

Vp. Gr. 81 Jhr. cat. sen. incip.

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,05	0,07p	0,07p	0,07	0,15	0,2p

Vp. Fo. 75 Jhr. cat. provecta

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15p	0,15	0,2p	0,2p	0,2p	0,2

Vp. Lu. 28 Jhr. HH-Trübung

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,07p	0,1p	0,1p	0,1p	0,2p	0,2

Vp. Ge. 56 Jhr. cat. sen. incip.

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,07	0,1	0,1	0,15p	0,15p	0,15

Vp. Wo. 48 Jhr. cat. incip.

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,15p	0,2	0,2	0,25p	0,3p

Vp. Pö. 13 Jhr. Keratitis parenchymat.
cat. incip.

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,2p	0,2p	0,25p	0,25

Vp. He. 57 Jhr. cat. coronaria + coerula
geringe Glaskörpertrübung

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,15p	0,2p	0,2p	0,25p

Vp. Ja. 62 Jhr. cat. corticalis

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,1p	0,15p	0,2	0,25	0,3p

Vp. Gr. 28 Jhr. Corpushämorrhagie

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,2	0,3p	0,3p	0,4p	0,4

Vp. Ku. 58 Jhr. cat. cortic.post+Linsen-
kernsklerose

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,1	0,15p	0,2p	0,25p

Vp. He. 56 Jhr. maculae corneae cat.
incip.

LDU	18,8	25	33	100
S	0,07	0,07	0,1	0,15

Ergebnisse:

1) Versuche an 10 augengesunden Versuchspersonen

Für jeden geprüften Leuchtdichteunterschied wurde von den Sehschärfewerten der 10 gesunden Versuchspersonen der Mittelwert berechnet und die Ergebnisse in ein doppelt logarithmisches Koordinatensystem eingezeichnet.

LDU	0,79	1	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,08	0,11	0,3	0,49	0,74	0,91	1,02	1,12	1,16	1,16

Man erhält auf diese Weise eine Kurve gemäß Abb. 1, (ausgezogene Kurve), welche (in Übereinstimmung mit AULHORN) im Bereich geringer Sehschärfewerte eine rasche Zunahme der Sehschärfe, schon bei geringer Zunahme der Leuchtdichteunterschiede, aufzeigt. Der Anstieg der Kurve wird zunehmend flacher, um schließlich bei Erreichen voller Sehschärfewerte keine Zunahme derselben bei weiterer Steigerung des Leuchtdichteunterschiedes zu zeigen.

Ersetzt man die Sehschärfewerte durch die Flächengrößen der Prüfzeichen bzw. ihrer Details, wobei

$$S^2 = \frac{1}{F1} \quad \text{oder} \quad S = F1^{-1/2}$$

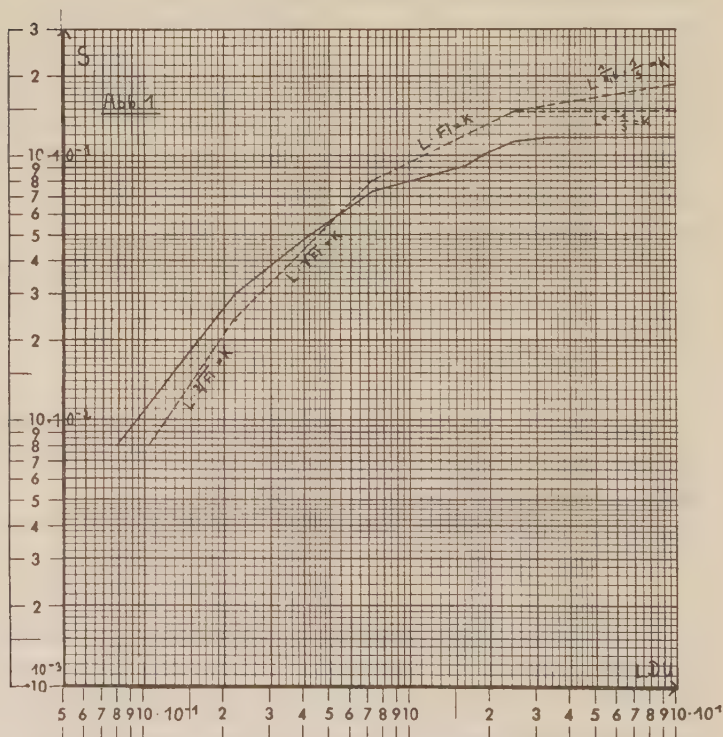
so läßt die Kurve grundsätzlich die gleichen Beziehungen zu den Leuchtdichteunterschieden erkennen, wie sie für die Auftauchschwellen bereits bekannt sind.

So gilt z. B. die für Sehwinkel von 7' bis 1° von PIERON ermittelte Beziehung

$$L \cdot \sqrt[3]{F1} = \text{konst.} \quad \text{oder} \quad L^3 \cdot F1 = \text{konst.}$$

im Bereich von der geringsten geprüften Sehschärfe von 0,08 bis zur Sehschärfe 0,3. Dabei stimmt die Sehschärfe 0,3 mit dem Sehwinkel von 7' wenigstens in der Größenordnung überein, wenn man die komplizierten Verhältnisse berücksichtigt, die darin beruhen, daß die von der Sehprobe eingenommene Fläche verminderter Leuchtdichte größer ist als das Quadrat des minimum separabile (welches bei der Seh-

schärfe 0,3 etwa $3'$ beträgt), aber kleiner als das Quadrat der linearen Ausdehnung der Sehprobe, die ja das 5fache des minimum separabile, also $15'$ beträgt. Von der Sehschärfe 0,7 bis zum Erreichen der vollen Sehschärfe entspricht dann die Kurve der RICCÓschen Beziehung $L \cdot Fl = \text{konstant}$. Eine weitere Steigerung des Leuchtdichteunterschiedes führt dann zu keiner Zunahme der Sehschärfe, in diesem Bereich ist dann $Fl = \text{konst.}$ oder $L^0 \cdot Fl = \text{konst.}$



2) Versuche an 30 Augen mit Trübungen der brechenden Medien.

Bei zunehmender Verringerung der Leuchtdichteunterschiede nimmt der Anteil der Patienten, die noch Zahlen erkennen können, gruppenweise ab. Aus Abb. 2 wird diese Abstufung der Sehschärfen gut ersichtlich. Bei einem Kontrast von 0,79 % macht nur ein Patient verwertbare Angaben für die Sehschärfe, beim nächsten Leuchtdichteunterschied von 1,7 % sind es 3 Patienten, bei 2,1 % zwei, bei 4,15 % fünf und bei einem Leuchtdichteunterschied von 7,35 % beginnt fast die Hälfte der Patienten, nämlich 13, Zahlen zu unterscheiden. 5 Patienten brauchen einen Leuchtdichteunterschied von 16 % und ein Patient einen Leuchtdichteunterschied von 18,8 %, um die größten Sehzeichen zu erkennen. Es ergaben sich somit 7 Gruppen in Bezug auf die Schwellenempfindlichkeit für Leuchtdichteunterschiede. Um aus diesen Werten eine Kurve analog zu den gesunden Versuchspersonen zu erhalten, müssten diese einzelnen Gruppen zunächst getrennt ausgewertet werden. Jeder dieser Gruppen wurden in Analogie zur Gruppe der 10 Gesunden Versuchspersonen ausgewertet, d.h. innerhalb einer solchen Gruppe wurde für jeden LDU der Mittelwert der Sehschärfe aller untersuchten Augen berechnet. So betrug für 3 Augen die Unterschiedsschwelle 1,7 % bzw. 0,01 Lux: bei LDU 1,7 % betrugen die Sehschärfewerte 0,03 0,03 und 0,1.

Es ergibt sich somit ein Mittelwert von 0,05 bei 1,7 % LDU (Kurve 1,7/3).

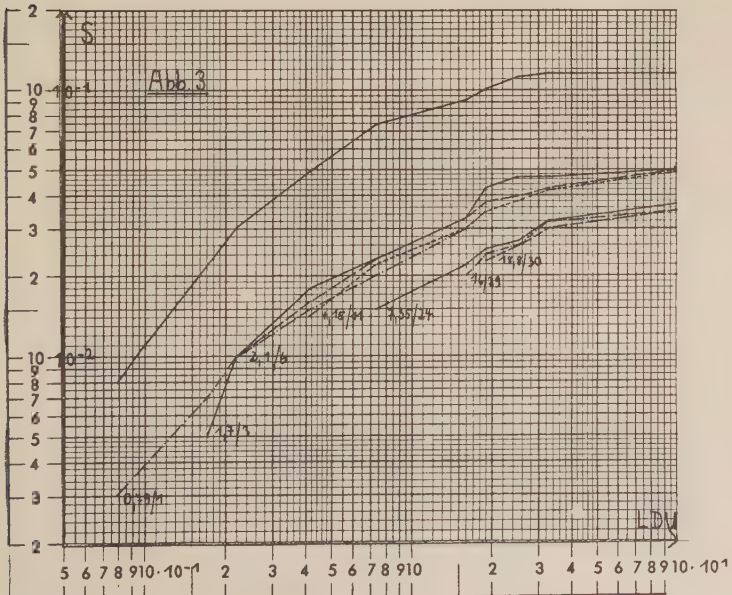
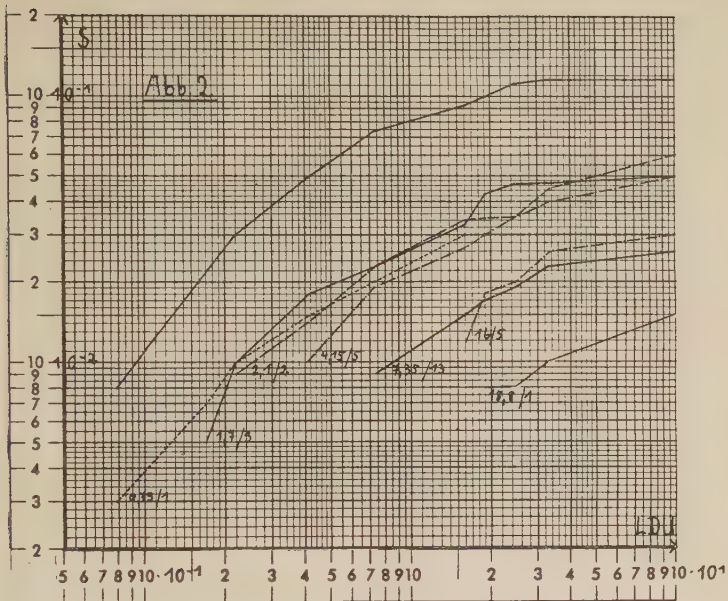
Auf diese Weise wurden 7 Kurven mit unterschiedlichem Beginn gewonnen, die in Abb. 2 zusammengestellt sind. Man erkennt, daß diese Kurven einen weitgehend parallelen Verlauf zur Normalkurve zeigen.

Um aber für die Mittelwertsberechnung aus der Gesamtzahl (30 Augen) der Beobachtungen einen Vorteil zu ziehen, wurden diese Kurven in folgender Weise zusammengefaßt: Bei einem LDU von 18,8 % und darüber konnten alle Patienten Zahlen erkennen. Daher wurde für jeden LDU ab 18,8 % der Mittelwert der Sehschärfewerte aller 30 Augen berechnet und in der Kurve 18,8/30 in Abb. 3 dargestellt.

Bei LDU 16 % konnten noch 29 Augen Sehschärfeangaben machen, für diese 29 Augen wurde eine analoge Berechnung durchgeführt und in Kurve 16/29 dargestellt.

Bei LDU 7,35 % sind es noch 24 Augen, für die die gleichen Berechnungen durchgeführt und in Kurve 7,35/24 dargestellt werden. Bei LDU 0,79 % ist es schließlich nur noch 1 Versuchsperson, für die eine einzelne Kurve erforderlich ist. Auf diese Weise kommen also alle Werte die sich auf Beobachtungen bei geringem LDU beziehen, auch nochmal in den Mittelwertberechnungen für erst bei großen LDU beginnenden Kurven zur Darstellung. Hingegen würde eine Mittelwertberechnung aus diesen Kurven mit unterschiedlichem Niveau zu einer stark verzerrten Kurve führen.

Wie Abb. 3 zeigt, verlaufen diese Kurven der Normalkurve weitgehend parallel, jedoch findet im Gegensatz zur Normalkurve auch noch bis zum maximal gestuften LDU eine leichte Steigerung der Sehschärfen statt. Lediglich bei den Patienten die die niedrigsten LDU-Schwellen von 0,79 und 1,7 % haben, also den gesunden Versuchspersonen am nächsten stehen, verläuft auch das Ende der Kurve analog zu den gesunden Versuchspersonen mit konstanter Sehschärfe.



1 Auge

- 24 -

Tabelle I zu Abb. 2

LDU	0,79	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03	0,07	0,1	0,15	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

3 Augen

LDU	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,05	0,1	0,18	0,23	0,33	0,43	0,47	0,47	0,5

2 Augen

LDU	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,09	0,14	0,23	0,34	0,35	0,35	0,45	0,6

5 Augen

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,19	0,27	0,3	0,35	0,4	0,5

13 Augen

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,09	0,15	0,17	0,19	0,23	0,26

5 Augen

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,12	0,18	0,2	0,26	0,3

1 Auge

LDU	18,8	25	33	100
S	0,07	0,07	0,1	0,15

1 Auge

Tabelle II zu Abb. 3

LDU	0,79	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,03	0,07	0,1	0,15	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

3 Augen

LDU	1,7	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,05	0,1	0,18	0,23	0,33	0,43	0,47	0,47	0,5

6 Augen

LDU	2,1	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,1	0,16	0,23	0,33	0,38	0,4	0,43	0,5

11 Augen

LDU	4,15	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,14	0,21	0,30	0,35	0,38	0,42	0,49

24 Augen

LDU	7,35	16	18,8	25	33	100
S	0,15	0,22	0,25	0,27	0,32	0,37

29 Augen

LDU	16	18,8	25	33	100
S	0,2	0,24	0,26	0,31	0,35

30 Augen

LDU	18,8	25	33	100
S	0,23	0,26	0,30	0,35

D i s k u s s i o n

Die Untersuchungen hatten zum Ziel, die Frage zu klären, wie sich die Sehschärfe bei Verminderung der Leuchtdichteunterschiede verhält, wenn Trübungen im Bereich der brechenden Medien des Auges ihrerseits eine zusätzliche Verminderung der Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut bewirken.

Eine "Normalkurve" von 10 augengesunden Versuchspersonen, welche zur Kontrolle der Versuchsanordnung angefertigt wurde, brachte gute Übereinstimmung mit früheren Untersuchern (AULHORN, SIEDENTOPF, KÖNIG u.a.m.). Diese "Normalkurve" diente zum Vergleich für die Kurven, die aus der Untersuchung von Patienten mit Trübungen der brechenden Medien gewonnen wurden.

Da Trübungen der brechenden Medien in erster Linie zu einer Verminderung der Beleuchtungsstärkenunterschiede auf der Netzhaut führen müssen, erwarteten wir eine horizontale Verschiebung der Kurve nach rechts ohne nennenswerte Verzerrung: diese Verschiebung wäre durch eine Verminderung der Leuchtdichteunterschiede auf der Netzhaut um einen konstanten Quotienten zwanglos zu erklären. Statt dessen fanden wir eine Kurvenverschiebung in der Ordinate, wobei eine Deformierung der "Normalkurve" lediglich im Bereich der maximalen Sehschärfewerte stattfand, und zwar derart, daß der Verlauf $S = \text{konst. bzw.}$

$L^0 \cdot \frac{1}{S} = \text{konst.}$ in dem von uns untersuchten Bereich nicht verifiziert werden konnte. Jedoch fand sich in dem der Normalkurve entsprechenden Abschnitt nur noch eine sehr geringe Zunahme der Sehschärfe mit zunehmender Leuchtdichte, etwa nach der Beziehung $L^{\frac{1}{6}} \cdot \frac{1}{S} = \text{konstant.}$

Diese Beziehung steht in überraschender Übereinstimmung mit den Beobachtungen des Göttinger Astronomen MEYER (zit. n. AULHORN), der ebenfalls - allerdings für die Auftauchschwellen - die Helligkeit umgekehrt proportional zur 6. Potenz des Winkels fand.

Eine Aufgliederung nach Lokalisation der Trübungen brachte keine nennenswerten Unterschiede.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die vorliegende Arbeit versucht die Abhängigkeit der Sehschärfe vom Unterschied der Leuchtdichte bei 10 gesunden Versuchspersonen und 30 Augen mit Trübungen der brechenden Medien zu klären. Die Untersuchungen an Gesunden wurden vorgenommen, um die Brauchbarkeit der Methode zu erproben und den Anschluss an analoge Experimente anderer Untersucher zu erhalten. Sie bestätigten die bekannte Tatsache, dass bei geringen Leuchtdichteunterschieden die Sehschärfe mit zunehmendem Leuchtdichteunterschied rasch ansteigt derart, daß analog der PIERONschen Beziehung für Auftauchschwelen bei Seh winkeln von $7'$ bis 1° das Quadrat der Sehschärfe etwa der 3. Potenz des Leuchtdichteunterschieds proportional ist. Bei weiterer Zunahme der Leuchtdichteunterschiede wird der Anstieg der Sehschärfe zunehmend flacher, sie wird zunächst dem Leuchtdichteunterschied proportional, dann seiner Quadratwurzel, um dann bei weiterer Zunahme einen vom Leuchtdichteunterschied unabhängigen konstanten Wert einzunehmen.

Die Untersuchungen bei Trübungen der brechenden Medien ergaben, mit Ausnahme des letzten Kurventeils mit konstanter Sehschärfe, grundsätzlich den gleichen Kurvenverlauf, (unter Verwendung eines doppelt logarithmischen Koordinatensystems), jedoch waren die Kurven gegenüber der "Normalkurve" vertikal nach unten, d.h. im Sinne niedrigerer Sehschärfewerte verschoben. Eine primär erwartete Horizontalverschiebung in Richtung auf größere Leuchtdichteunterschiede (wegen der Verminderung des Beleuchtungsstärkeunterschiedes auf der Netzhaut durch Streulicht) konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. In dem Kurvenbereich, in dem beim Gesunden die Sehschärfe einen normalen Wert erreicht hat, erfolgt bei den Augen mit Trübungen der brechenden Medien noch ein leichter Anstieg der Sehschärfe, und zwar etwa proportional zur 6. Wurzel des Leuchtdichteunterschiedes.

Irgendein Einfluss der Art und Lokalisation der Medien-
trübung auf den Kurvenverlauf konnte nicht nachgewiesen
werden.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- ADLER, F.H.: Problems in the physiology of visual acuity
Arch. Ophthal. 11, 6 - 19 (1934)
- AUBERT, H.: Die Helligkeit des Schwarz und Weiß
Pflügers Arch. ges. Physiol. 31, 223-231 (1883)
- AULHORN, E.: Über die Beziehung zwischen Lichtsinn und Sehschärfe.
v. Graefes Arch. f. Ophthalm. 167, 4-74 (1964)
- AULHORN, E. u. H. HARMS: Untersuchungen über das Wesen des Grenzkontrastes.
Ber. 60. Zus.kunft d. DOG Heidelberg 1956, S. 7
- BLACHOWSKI, S.: Studien über den Binnenkontrast
Z. Sinnesphysiol. 47 II, 291 (1912/13)
- BLACKWELL, H. R.: Contrast thresholds of the human eye
J. opt. soc. Amer. 36, 624 (1946)
- CONNER, J.P. and R.E. GANOUNG:
A experimental determination of the visual thresholds at low values of illumination.
J. Opt. Soc. Amer. 25, 287-294 (1935).
- FERREE, C.E. and G. RAND:
Effect of increase of intensity of illumination on acuity, and intensity of illumination of test charts.
Amer. J. Ophthal., Ser. III, 6, 672-675 (1923).
- FOXELL, C.A.P. and W.P. STEVENS:
Measurements of visual acuity. Brit. J. Ophthal. 39, 513 (1955)
- FRY, G.A.: The relation of the configuration of a brightness contrast border to its visibility
J. Opt. Soc. Amer. 37, 166 (1947)
- GUILLERY, H.: Sehschärfe
Bethes Handb. d. Physiol. 12 (2), 745 (1931)
- HECHT, S.: Eine Grundlage für die Beziehung zwischen Sehschärfe und Beleuchtung.
Naturwissenschaften 18, 233-236 (1930)
- JESS, A.: Krankheiten der Linse.
Axenfeld Lehrb. d. Augenheilkd.,
10. Aufl., S. 490 (1958).
- KÖNIG, A.: Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität
S.-B. preuß. Adad. Wiss. 26, 559-572 (1897)

- KOLLER, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen
Dresden Leipzig 1943
- KÜHL, A.: Die Abhängigkeit der visuellen Kontrastschwelle von der Umfeldhelligkeit und der Objektgröße
Astron. Nachr. 266, 6371 (1938).
- KÜHL, A.: Die Abhängigkeit der Unterschiedsschwelle von der Objektgröße und Umfeldleuchtdichte
Z. Instrumentenk. 60, 293-304 (1940).
- KÜHL, A.: Zur Erklärung der Änderung der Sehschärfe mit der Beleuchtung und des absoluten Sehschärfenmaximums.
Z. ophthal. Opt. 28, 33-39 (1940)
- KÜHL, A.: Sehschärfe, Beleuchtungsstärke und Riccóscher Satz
Z. Ophthal. Opt. 14, 129-134 (1927).
- KÜHL, A.: Über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsstärke
Ber. 90. Vers. Dtsch. Naturf. u. Ärzte Abt. 28 Hamburg 1928
- LANGE, Fr.: Untersuchungen zur normalen Verteilung des Lichtsinns in der Netzhaut und ihrer Altersabhängigkeit.
v. Graefes Arch. Ophthal. 153, 93 (1952)
- LOEVENICH, K.: Untersuchungen über das foveale und parafoveale Auflösungsvermögen.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 252, 17 (1949).
- MONJÉ, R.: Über die Lichtempfindlichkeit im Bereich des Rand- und Binnenkontrastes.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 262, 92 (1955)
- MONJÉ, R. u. H. SCHÖBER: Vergleichende Untersuchungen an Sehproben für die Fernvisusbestimmung.
Klin. Mbl. Augenheilk. 117, 561 (1950).
- RANKE, O.F.: Sehschärfe, Unterschiedsschwelle und Leuchtdichte. Pflügers Arch. ges. Physiol. 266, 69-70 (1957).
- ROELOFS, C.O. u. Dr. L. BIERENS de Haan
Über den Einfluß von Beleuchtung und Kontrast auf die Sehschärfe
v. Graefes Arch. 107, 151-189 (1921).
- SCHÖBER: Das Sehen

- SCHÖNWALD, B.: Bermerkung zu A. Kühl, die Abhängigkeit der Unterschiedsschwelle von der Objektgröße und Umfeldleuchtdichte.
Z. Instrumentenkunde 60, 348-349 (1940)
- SCHUMACHER, R.O.: Die Unterschiedsempfindlichkeit des helladaptierten menschlichen Auges.
Dissertation Dr. Ing. Techn. Hochschule Berlin 1940
- SIEBECK, R.: Optik des menschlichen Auges
(Springer-Verlag 1960)
- SIEDENTOPF, H.: Kontrastschwelle und Sehschärfe
Licht 11, 35-37
- SIEDENTOPF, H.: Über Sichtbarkeitsgrenzen
Forschung u. Fortschr. 17, 153-155 (1941).
- SIEDENTOPF u. E.J. MEYER u. J. WEMPE:
Neue Sehschärfemessungen.
Z. Instrumentenk. 61, 372-380 (1941).
- SIEDENTOPF u. E. REEGER:
Über die Sichtbarkeitsgrenzen schwarzer Kreisscheiben und die positive und negative Kontrastschwelle
Z. Instrumentenk. 64, 83-86 (1944).
- TONNER, Fr.: Die Messung der Empfindungsfläche und Sehschärfe unter variablen Bedingungen im gleichen Versuch.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 247, 149-159 (1943).
- TONNER, Fr.: Die Sehschärfe
Pflügers Arch. ges. Physiol. 247, 183-193 (1943).
- TONNER, Fr.: Die Größe der Empfindungsfläche eines Lichtpunktes und der Zapfenraaster.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 247, 168-182 (1943).
- TONNER, Fr.: Die sphärische Aberration als begrenzender Faktor der Abbildungsschärfe
Pflügers Arch. ges. Physiol. 247, 160-167 (1943).
- TONNER, Fr. u. H.H. WEBER:
Die Grundlagen der Deutung der Sehschärfe
Pflügers Arch. ges. Physiol. 247, 145-148 (1943).

L e b e n s l a u f

Am 7. 9. 1938 wurde ich, Dietlind Weiß, als Tochter des Abteilungsvorstandes Sebastian Weiß und seiner Ehefrau Margarete, geb. Leicht, in Erlangen geboren.

Von 1944 bis 1948 besuchte ich in Erlangen die Volksschule und von 1948 bis 1951 die Marie-Therese-Oberschule. 1951 trat ich in die Ohm-Oberrealschule Erlangen über, wo ich auch im Juli 1957 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1957/58 nahm ich an der Universität Erlangen das Studium der Medizin und Zahnmedizin auf, bestand nach dem Sommersemester 1960 meine ärztliche und zahnärztliche Vorprüfung und im März 1964 mein medizinisches Staatsexamen.

Im August 1964 erhielt ich meine Approbation als Zahnärztin. Seit dem 15. Oktober 1964 bin ich an der Universitäts-Augenklinik Erlangen als Medizinal-Assistentin tätig.



Buchdruck und Fotodruck: Ludwig Müller, Erlangen, Fahrstraße 5